

⑤1

Int. Cl.: F 28 f

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑤2

Deutsche Kl.: 17 f, 5/30

⑩

⑪

⑫

⑬

⑭

Offenlegungsschrift 1901 475

Aktenzeichen: P 19 01 475.6

Anmeldetag: 14. Januar 1969

Offenlegungstag: 27. August 1970

Ausstellungspriorität: —

⑮

Unionspriorität

⑯

Datum: —

⑰

Land: —

⑱

Aktenzeichen: —

⑲

Bezeichnung: Vorrichtung zum Verteilen einer Zweiphasenströmung auf Plattenwärmeaustauscher

⑳

Zusatz zu: —

㉑

Ausscheidung aus: —

㉒

Anmelder: Messer Griesheim GmbH, 6000 Frankfurt**Vertreter:** —

㉓

Als Erfinder benannt: Jeromin, Dr. Dipl.-Ing. Lutz, 1000 Berlin;
Knapp, Dr. Dipl.-Phys. Helmut, 6079 Buchschlag

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

DT 1901 475

Kennwort: Keilförmiger Verteilerraum

Erfinder: Dr. Jeromin, Dr. Knapp

1901475

Vorrichtung zum Verteilen einer Zweiphasenströmung auf Plattenwärmeaustauscher

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verteilen einer Zweiphasenströmung auf Plattenwärmeaustauscher und zwar die Ausgestaltung des Verteilerrohres, welches bei dieser Art von Wärmeaustauschern die einzelnen Wärmeaustauscherpassagen miteinander verbindet.

Im Prinzip besteht ein solcher Wärmeaustauscher aus einer Vielzahl aneinandergelagerter Platten (Passagen), die von den wärmeaustauschenden Medien durchströmt werden. Dabei ist immer eine Passage mit wärmeaufnehmendem Medium benachbart mit zwei Passagen mit wärmeabgebendem Medium und umgekehrt. Jede dieser beiden Gruppen von Passagen besitzt am Einlauf und am Auslauf ein Verteiler- bzw. Sammelrohr, in dem die wärmeaustauschenden Medien auf die Passagen verteilt bzw. nach Durchlaufen der Passagen gesammelt werden.

Plattenwärmeaustauscher aus Aluminium haben sich besonders in der Tieftemperaturtechnik gut bewährt; da sich bei ihnen die Forderung, verschiedene Stoffströme ohne gegenseitige Vermischung gegeneinander Wärme austauschen zu lassen, bei einem relativ niedrigen Preis optimal verwirklichen läßt. Als Alternative zu den Plattenwärmeaustauschern bieten sich aus Rohren gewickelte Wärmeaustauscher an, die jedoch wesentlich teurer sind.

Der Hauptnachteil der Plattenwärmeaustauscher gegenüber gewickelten liegt in der Notwendigkeit, daß alle Passagen möglichst gleichmäßig mit den wärmeaustauschenden Stoffen beauf-

schlägt werden müssen, da ein Ausgleich der Mengenströme von Passage zu Passage nicht möglich ist. Wenn z. B. ein Stoff A gleichmäßig auf seine Passagen verteilt ist, so wird er pro Passage die gleiche Wärmemenge zum Austausch anbieten. Strömt nun in den benachbarten Passagen der Stoff B ungleichmäßig verteilt auf seine Passagen, so werden die einzelnen Passagenströme des Stoffes B mit unterschiedlichen Temperaturen aus ihren Passagen austreten. Bei starker Ungleichverteilung kann das zu einem völlig unzureichenden Wärmeaustausch führen. Bei gewickelten Wärmeaustauschern macht sich dagegen die Ungleichverteilung in den einzelnen Rohren nicht so unangenehm bemerkbar, da im Außenraum ein gewisser Ausgleich stattfindet. Rohre, die mit überdurchschnittlich großen Mengenströmen belastet sind, weisen nämlich auch größere Wärmeübergangszahlen und so auch größere Wärmedurchgangszahlen auf. Die entsprechend höhere Wärmemenge wird im Außenraum in gewissem Umfang auch tatsächlich angeboten.

Besonders kritisch wird der Einsatz von Plattenwärmeaustauschern, wenn zumindest einer der wärmeaustauschenden Stoffe zweiphasig ist, d. h. aus einem Flüssigkeits-Dampf-Gemisch besteht. Die gleichmäßige Verteilung des Gemisches auf die einzelnen Passagen hat sich als äußerst schwierig erwiesen. Soll z. B. ein in den Plattenwärmeaustauscher eintretendes Flüssigkeits-Dampf-Gemisch völlig kondensiert werden und es wird konstruktiv nicht gewährleistet, daß das Gemisch gleichmäßig auf alle Passagen verteilt ist, so kann es leicht passieren, daß aus einigen Passagen immer noch ein Zweiphasengemisch austritt, während aus den anderen das erwünschte Kondensat herausläuft. In den erstgenannten Passagen war der Dampfanteil zu hoch, so daß der durch die benachbarten Passagen angebotene Wärmeentzug nicht ausreicht, das Zweiphasengemisch völlig zu kondensieren.

Alle bisher bekannten Maßnahmen zur gleichmäßigen Verteilung einer Zweiphasenströmung auf die einzelnen Passagen eines Plattenwärmeaustauschers beruhen auf dem Prinzip der Phasentrennung in einem Abscheider und einer anschließenden Neuverteilung im Verteilerrohr des Plattenwärmeaustauschers (US-Patente 3 212 277, 3 282 334). Dabei tritt z. B. die Dampf-

phase durch einen Stutzen in die Mitte des Verteilerrohres am Plattenwärmeaustauscher ein, während die Flüssigkeitsphase durch kleine Löcher oder Düsen eines in der Längsachse des Verteilerrohres angebrachten Rohres in den Dampfstrom fein verteilt wird. Aus der Art der Flüssigkeitsverteilung ist ersichtlich, daß die Anordnung nur bei relativ kleinen Verhältnissen von Flüssigkeitsmenge zu Dampfmenge verwendet werden kann. Außerdem ist die Anordnung durch den zusätzlichen Abscheider und die anschließende Mischung der abgetrennten Phasen im Verteilerkopf recht aufwendig und zudem mit einem verhältnismäßig hohen Druckabfall behaftet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, welche die Gleichverteilung einer Zweiphasenströmung auf die einzelnen Passagen eines Plattenwärmeaustauschers ohne die Verwendung eines Abscheiders ermöglicht.

Es wurde nun eine Vorrichtung zum Verteilen einer Zweiphasenströmung auf Plattenwärmeaustauscher gefunden, bei der die Aufteilung der Zweiphasenströmung auf die einzelnen Wärmeaustauscherpassagen mittels eines an die Wärmeaustauschereintrittsfläche angebrachten Verteilerrohres erfolgt. Gemäß der Erfindung besteht die Vorrichtung aus einer seitlichen Zuführung der Zweiphasenströmung in das Verteilerrohr und einem zur Verteilerrohrachse ^{und/oder gekrümmten} geneigten Leitblech, welches mit der Wärmeaustauschereintrittsfläche und der Verteilerrohrwand mindestens einen keilförmigen Raum bildet.

Es ist vorteilhaft aber nicht notwendig, daß das Leitblech gekrümmt ist und zwar derart, daß der Neigungswinkel von der Spitze des keilförmigen Raumes hin zu seinem Ende zunimmt. Es ist in der Regel zweckmäßig, daß das der seitlichen Zuführung der Zweiphasenströmung gegenüberliegende Ende des Leitbleches mit der Wärmeaustauschereintrittsfläche die Spitze des keilförmigen Raumes bildet. Bei einer anderen Ausführung der Erfindung, bei der das Leitblech perforiert ist, ist es jedoch auch möglich, das der seitlichen Zuführung der Zweiphasenströmung benachbarte Ende des Leitbleches mit der Wärmeaustauscherein-

1901475
trittsfläche die Spitze des keilförmigen Raumes bilden zu lassen. Es ist ferner möglich, die Vorrichtung so auszubilden, daß sich das Leitblech nicht bis zur Spitze des keilförmigen Raumes erstreckt. Sehr vorteilhaft ist es, das der seitlichen Zuführung der Zweiphasenströmung gegenüberliegende Ende des Verteilerrohres über die Wärmeaustauschereintrittsfläche hinaus zu einem Wirbelraum zu verlängern. Desgleichen ist es günstig, den eintrittsseitigen Teil des Verteilerrohres über die Wärmeaustauschereintrittsfläche hinaus zu einer Einlaufstrecke zu verlängern.

Bei großen Flüssigkeits-Dampf-Verhältnissen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Zweiphasenströmung an beiden Stirnseiten des Verteilerrohres eintreten zu lassen. Das Leitblech wird in diesem Fall so ausgebildet, daß von den beiden Zuführungen aus gesehen der Abstand zwischen Leitblech und Wärmeaustauschereintrittsfläche zur Mitte hin abnimmt und sich so in der Mitte der engste Strömungsquerschnitt ergibt.

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sollen anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert werden.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Schnitt durch das Verteilerrohr und durch den unteren Teil eines Plattenwärmeaustauschers,
- Fig. 2 einen Schnitt durch den Plattenwärmeaustauscher nach Fig. 1 entlang der Linie A-B,
- Fig. 3 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 mit einem anderen Leitblech,
- Fig. 4 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 mit einem anderen Leitblech,
- Fig. 5 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 mit einem anderen Leitblech,
- Fig. 6 eine Ansicht entsprechend Fig. 1 mit einem verlängerten Verteilerrohr,
- Fig. 7 einen Schnitt durch den Plattenwärmeaustauscher nach Fig. 6 entlang der Linie C-D,
- Fig. 8 eine Ausführung mit zwei seitlichen Zuführungen.

Die Ausführung nach Fig. 1 und 2 zeigt einen Plattenwärmeaustauscher, von dem der Einfachheit halber nur der untere Teil in stark schematisierter Form wiedergegeben ist. Er besteht

009835/0838

1901475

aus plattenförmigen Passagen 1 und 2. Von einem Zweiphasengemisch werden z. B. die Passagen 1 durchströmt, während sich in den Passagen 2 im Gegenstrom der andere wärmeaustauschende Stoff befindet. Zugeführt wird die Zweiphasenströmung über das Verteilerrohr 3, dem sie erfindungsgemäß seitlich mittels des Zuführungsstutzens 4 zugeführt wird. Als Verteilerrohr 3 dient im allgemeinen ein halbiertes Kreisrohr. Da sich das Verteilerrohr 3 nicht über die gesamte Breite des Wärmeaustauschers erstreckt, sind den Passagen Verteilerstücke 5 angesetzt, von wo aus die Strömung von der Breite des Verteilerrohres 3 auf die gesamte Breite des Wärmeaustauschers verteilt wird. Entsprechend wird der dem Zweiphasengemisch entgegenströmende Stoff in Sammelstücken 6 zu einem kleineren Austrittsquerschnitt zusammengefaßt, bevor es durch das Sammelrohr 7 den Wärmeaustauscher verläßt.

Nach der Erfindung ist im Verteilerrohr 3 ein Leitblech 8 angebracht, welches zur Achse des Verteilerrohres 3 so geneigt ist, daß sich ein keilförmiger Raum zwischen dem Leitblech 8 und der Wärmeaustauschereintrittsfläche bildet. Die Spitze des keilförmigen Raumes liegt dabei dem seitlichen Zuführungsstutzen 4 gegenüber. Ferner ist das Leitblech 8 zur Wärmeaustauschereintrittsfläche hin gekrümmt und perforiert.

Die Zweiphasenströmung tritt nun in den Zuführungsstutzen 4 ein. Der Durchmesser des Zuführungsstutzens 4 wird so gewählt, daß das Zweiphasengemisch innig miteinander vermischt ist und instationäre Strömungsverhältnisse möglichst vermieden werden. Das heißt, je nach Flüssigkeits-Dampf-Verhältnis und den absoluten Volumenströmen werden die Zustände Blasenströmung, Spritzerströmung, Tropfenströmung oder Ringströmung eingestellt, während die instationären Strömungsformen wie Pfropfenströmung oder Schwallströmung vermieden werden. Die Vorausbestimmung der Strömungsformen ist bekannt, vgl. "Designing for Two-Phase Flow" von R. J. Anderson und T. W. F. Russell in "Chemical Engineering", December 6, 1965, Seiten 139 - 144 und December 20, 1965, Seiten 99 - 104. Die instationären Strömungsformen sind deshalb zu vermeiden, weil die momentanen

009835/0839

BAD ORIGINAL
- 6 -

Schwankungen des Flüssigkeits-Dampf-Verhältnisses so stark sind, daß sich Regelschwierigkeiten ergeben können,

Tritt nun eine Zweiphasenströmung z. B. in Form einer Ringströmung in das Verteilerrohr 3 ein, so wird sich, bedingt durch den sich plötzlich erweiternden Querschnitt, eine andere Strömungsform einstellen, da das Verteilerrohr 3 aus konstruktiven und strömungstechnischen Gründen nicht mit dem gleichen Querschnitt wie der seitliche Zuführungsstutzen 4 ausgeführt werden kann. Im Anfahrzustand wird sich das Zweiphasengemisch zunächst im Verteilerrohr 3 entmischen und die Wirkung des erfindungsgemäßen perforierten Leitbleches 8 ist gering. Wenn der Wärmeaustauscher so wie gezeichnet senkrecht steht und das Zweiphasengemisch von unten nach oben strömt, sammelt sich langsam Flüssigkeit auf dem Boden des Verteilerrohres 3 an. Die Flüssigkeit wird so lange ansteigen, bis sie den Totraum unterhalb des perforierten Leitbleches 8 weitgehend ausfüllt. Für optimale Betriebsbedingungen wird der Abstand zwischen Leitblech 8 und Wärmeaustauschereintrittsfläche so gewählt, daß sich in dem gebildeten Strömungsquerschnitt eine stationäre Zweiphasenströmung ergibt. Daraus resultiert die Krümmung des Leitbleches 8 zur Wärmeaustauschereintrittsfläche hin. Die Krümmung ist ferner erforderlich, um eine optimale Verteilung der Zweiphasenströmung auf die Passagen 1 zu erreichen. Es sei bemerkt, daß dann, wenn man geringere Anforderungen an die Gleichverteilung stellt, in vielen Fällen auch ein ebenes Leitblech 8 vollauf genügt. Das Leitblech 8 dient also praktisch dazu, den großen Querschnitt des Verteilerrohres so zu verkleinern, daß sich eine seitlich eintretende Zweiphasenströmung nicht mehr entmischt.

Da der Totraum unterhalb des Leitbleches 8 während des Anfahrvorganges weitgehend mit Flüssigkeit ausgefüllt wird, könnte natürlich prinzipiell das Verteilerrohr 3 gleich so ausgebildet werden, daß der gesamte Totraum fortgelassen wird und das Leitblech 8 ohne Perforation ausgebildet wird. Eine solche Konstruktion wäre aber aus Festigkeitsgründen nur bei niedrigen Drücken zu gebrauchen. Auch andere Verteilerrohrformen

mit in Strömungsrichtung abnehmendem Querschnitt dürften bei den hohen Drücken, wie sie z. B. bei der Gaszerlegung auftreten, kaum zu verwenden sein.

In den folgenden Fig. 3 bis 5 sind Leitbleche 9, 10 und 11 gezeigt, die gegenüber dem in Fig. 1 gezeigten Leitblech 8 Änderungen aufweisen. Die anderen Bauteile entsprechen völlig denen von Fig. 1.

Das Leitblech 9 in Fig. 3 entspricht völlig dem Leitblech 8 in Fig. 1, es ist jedoch nicht perforiert. Stattdessen enthält es einige, in der Zeichnung nicht dargestellte kleine Löcher zum Druckausgleich. Besonders bei sehr kleinen Flüssigkeitsmengen im Verhältnis zur Dampfmenge einer Zweiphasenströmung hat sich dieses Leitblech bewährt. Der stabile Strömungszustand wird nach sehr kurzer Zeit erreicht.

Fig. 4 zeigt ein perforiertes und gekrümmtes Leitblech 10, welches sich nicht bis zur Spitze des keilförmigen Raumes erstreckt, sondern schon vorher aufhört. Diese Form hat sich bei großen Flüssigkeits-Dampf-Verhältnissen als vorteilhaft erwiesen.

Fig. 5 zeigt schließlich ein Leitblech 11, welches perforiert aber nicht gekrümmt ist und sich nicht bis zur Spitze des keilförmigen Raumes erstreckt und das zudem so im Verteilerrohr angebracht ist, daß sich die Spitze des keilförmigen Raumes zwischen Leitblech 11 und Wärmeaustauschereintrittsfläche auf der gleichen Seite wie der Zuführungsstutzen 4 befindet. Auch bei einer derartigen Ausbildung lassen sich bei einer Reihe von Flüssigkeits-Dampf-Verhältnissen noch ausreichende Ergebnisse erzielen.

In Fig. 6 und 7 ist eine Ausführung dargestellt, die nicht die Ausbildung des Leitbleches betrifft, sondern die Form des Verteilerrohres 3. Das Verteilerrohr 3 ist am Anfang zu einer Einlaufstrecke 12 und am Ende zu einem Wirbelraum 13 verlängert. Mit einem so verlängerten Verteilerrohr 3 lassen sich bei den verschiedenen Ausbildungen des Leitbleches die bei

1901475

weitem besten Ergebnisse erzielen. Es ist selbstverständlich möglich, anstatt das meist zylindrische Verteilerrohr 3 einfach zu verlängern, der Einlaufstrecke 12 und dem Wirbelraum 13 einen anderen Querschnitt als den Rohrquerschnitt zu geben.

Fig. 8 schließlich zeigt eine Ausführung, bei der die Zweiphasenströmung auf beiden Seiten des Verteilerrohres seitlich eintritt. Der engste Strömungsquerschnitt zwischen Leitblech 14 und Wärmeaustauschereintrittsfläche befindet sich dabei in der Mitte der Wärmeaustauschereintrittsfläche.

Es läßt sich mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durch den einfachen Einbau eines Leitbleches und die seitliche Zuführung der Zweiphasenströmung, was keine nennenswerten Mehrkosten verursacht, eine ausgezeichnete Gleichverteilung auf die einzelnen Wärmeaustauscherpassagen erreichen. Ein Abscheider mit den dafür erforderlichen Steuer- und Regeleinrichtungen ist nicht mehr erforderlich. Die Vorrichtung ist wartungsfrei und hat nur sehr niedrige Druckverluste. Besonders die kompakte Bauweise des Verteilers erweist sich bei Tieftemperaturanlagen, wo man Apparaturen geringsten Raumbedarfes anstrebt, als vorteilhaft.

2.1.1969
Ba/Er

BAD ORIGINAL

009835/0839

A n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zum Verteilen einer Zweiphasenströmung auf Plattenwärmeaustauscher mit einem Verteilerrohr an der Wärmeaustauschereintrittsfläche zum Verteilen der Zweiphasenströmung auf die einzelnen Wärmeaustauscherpassagen, gekennzeichnet durch seitliche Zuführung der Zweiphasenströmung in das Verteilerrohr und ein zur Verteiler^{rohr}fläche geneigtes und/oder gekrümmtes Leitblech, welches mit der Wärmeaustauschereintrittsfläche und der Verteilerrohrwand mindestens einen keilförmigen Raum bildet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Leitblech gekrümmt ist und zwar derart, daß der Neigungswinkel mit Bezug auf die Wärmeaustauschereintrittsfläche von der Spitze des keilförmigen Raumes bis hin zu seinem Ende zunimmt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die seitliche Zuführung der Zweiphasenströmung auf nur einer Seite erfolgt und daß das der seitlichen Zuführung der Zweiphasenströmung gegenüberliegende Ende des Leitbleches mit der Wärmeaustauschereintrittsfläche die Spitze des keilförmigen Raumes bildet.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Leitblech nicht bis zur Spitze des keilförmigen Raumes erstreckt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Leitblech perforiert ist..

BAD ORIGINAL

000835/0030

1901475

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das der seitlichen Zuführung der Zweiphasenströmung gegenüberliegende Ende des Verteilerrohres über die Wärmeaustauschereintrittsfläche hinaus zu einem Wirbelraum verlängert ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der eintrittsseitige Teil des Verteilerrohres über die Wärmeaustauschereintrittsfläche hinaus zu einer Einlaufstrecke verlängert ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die seitliche Zuführung der Zweiphasenströmung auf beiden gegenüberliegenden Seiten des Verteilerrohres erfolgt und daß das Leitblech zwei keilförmige Räume bildet, deren gemeinsame Spitze, geformt aus Wärmeaustauschereintrittsfläche und Leitblech, sich in der Mitte des Verteilerrohres befindet.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Leitblech gekrümmt ist und zwar derart, daß der Neigungswinkel mit Bezug auf die Wärmeaustauschereintrittsfläche von der gemeinsamen Spitze der beiden keilförmigen Räume aus hin zu den beiden seitlichen Zuführungen symmetrisch zunimmt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Leitblech perforiert ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die eintrittsseitigen Teile des Verteilerrohres über die Wärmeaustauschereintrittsfläche hinaus zu einer Einlaufstrecke verlängert ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Zuführungsstutzen für die seitliche Zuführung der Zweiphasenströmung in das Verteilerrohr einen solchen Durchmesser besitzt, daß eine stationäre Strömung der Zweiphasenströmung gewährleistet ist.

BAD ORIGINAL

2.1.1969
Ba/Er

009835/0839

44
Leerseite

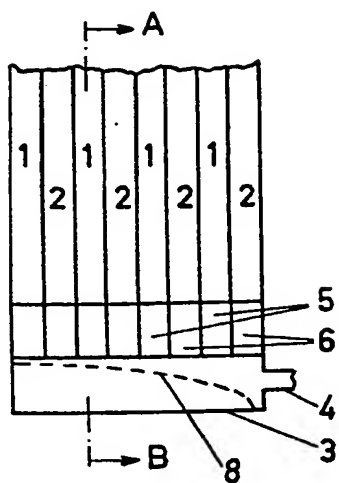


Fig. 1

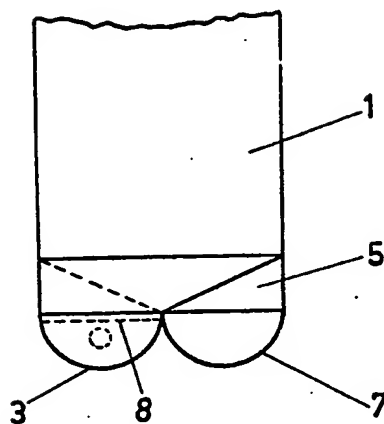


Fig. 2

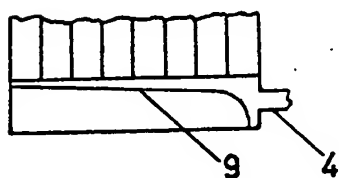


Fig. 3

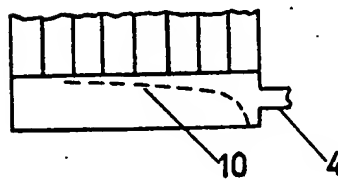


Fig. 4

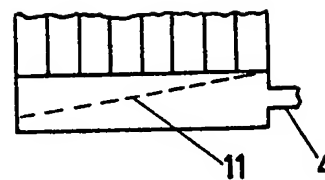


Fig. 5

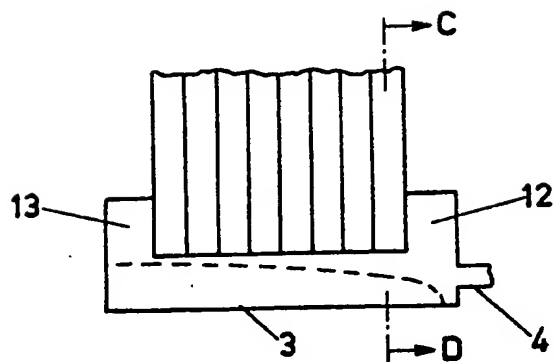


Fig. 6

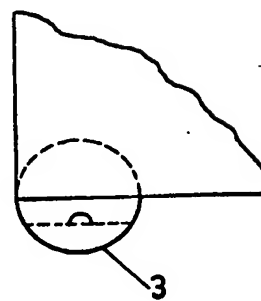


Fig. 7

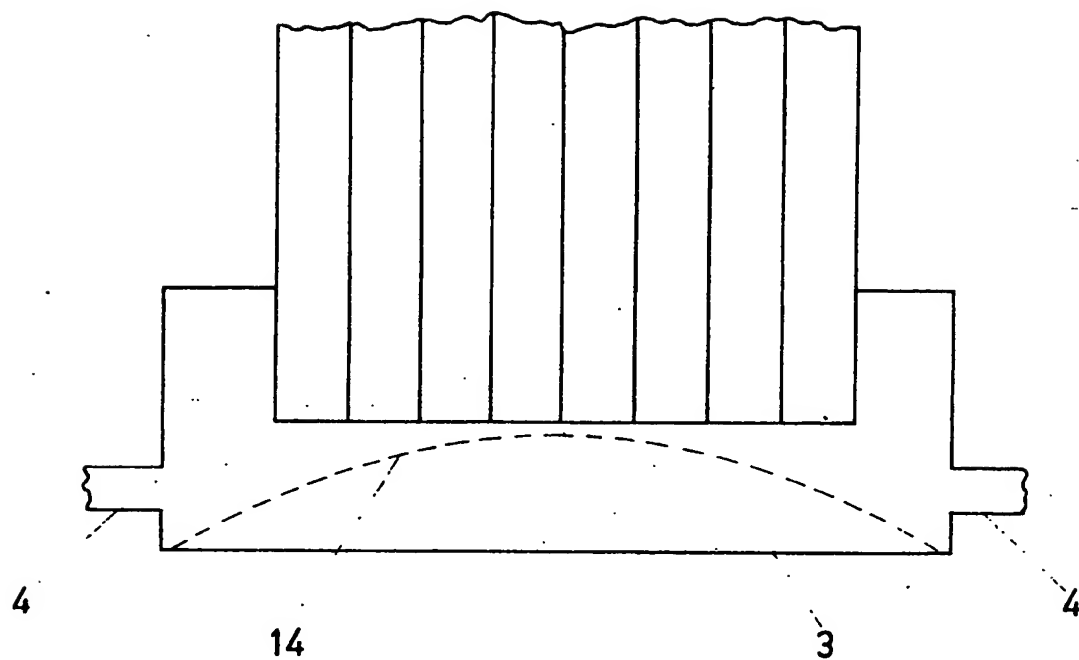


Fig. 8